

УДК 621.311:621.311.1

Ганна Костенко\*, <https://orcid.org/0000-0002-8839-7633>

Олександр Згуровець, к.т.н., ст. досл., <https://orcid.org/0000-0001-8439-9781>

Інститут загальної енергетики НАН України, вул. Антоновича, 172, м. Київ, 03150,  
Україна

\*Автор-кореспондент: [Kostenko\\_HP@nas.gov.ua](mailto:Kostenko_HP@nas.gov.ua)

## СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В УКРАЇНІ

**Анотація.** *Розвиток розподіленої генерації в Україні відповідає світовим тенденціям у сфері енергетики. Особлива актуальність розподіленої енергетики для України полягає в тому, що її розвиток сприяє зниженню витрат споживачів на енергопостачання, зменшенню навантажень на енергетичні мережі і втратам електроенергії, а також покращує надійність енергетичної системи та енергоефективність економіки. У статті виконано огляд основних джерел, технологій та тенденцій розвитку розподіленої генерації (РГ) в Україні, включаючи станції на біопаливі (біомасі та біогазі), малі гідроелектростанції, а також розподілені сонячні та вітрові електростанції. Розглянуто різні аспекти, пов'язані з поточним станом та майбутніми перспективами розподіленої енергетики в Україні, з особливою увагою до бар'єрів, що перешкоджають її розвитку. Виділено основні режими роботи об'єктів розподіленої генерації спільно з ОЕС України. Виконано огляд наявної структури розподіленої генерації за технологіями та за потужністю з використанням статистичних даних. В роботі визначено чинники, що стимулюють розвиток технологій розподіленої генерації, та наведено приклади з практики щодо успішного впровадження об'єктів РГ в Україні. Визначено основні очікувані ефекти від впровадження РГ, такі як адаптація споживачів до невизначеності стану електроенергетики внаслідок збройної агресії РФ, підвищення надійності енергопостачання, часткове розвантаження як магістральних, так і розподільних ліній електропередачі, зниження витрат енергії в мережах, а також можливість для громад забезпечувати свої потреби в енергії. Окрім того, розвиток розподіленої генерації сприятиме підвищенню рівня конкуренції на електроенергетичному ринку, стимулюючи перегляд та оптимізацію стратегій ціноутворення.*

**Ключові слова:** розподілена генерація, ВДЕ, локальні мережі, децентралізація енергопостачання.

### 1. Вступ

Протягом останніх років у світі набуває поширення концепція сталого енергетичного розвитку, однією зі складових частин якої є розвиток децентралізованої енергетики, або розподілених енергетичних ресурсів. Цей напрямок набуває дедалі більшого поширення в усьому світі спільно із зростанням частки відновлюваної енергетики. Розвиток технологій ВДЕ-генерації та їх здешевлення поряд із дорожчанням викопного палива призвели до того, що багатьом споживачам стає вигідно виробляти енергію для власного споживання, а її надлишки спрямовувати в енергомережу. Для України питання реалізації потенціалу джерел розподіленої ВДЕ-енергетики є особливо актуальним через значну залежність від імпортних енергоносіїв, що не тільки робить Україну вразливою до нестабільності цін на енергоносії та перебоїв у їх постачанні, але й підриває енергетичну незалежність країни. Крім того, використання викопного палива є головним джерелом викидів парникових газів та забруднюючих речовин, які мають негативний вплив на довкілля та здоров'я населення.

Слід зазначити, що збройна агресія РФ, зокрема цілеспрямовані ракетні атаки енергетичної інфраструктури України, загострили актуальність завдання щодо прискореної трансформації національної енергетики, кінцевою метою якого є резервування та підвищення надійності системи енергопостачання, що дозволить протидіяти військовим, політичним, економічним та кліматичним викликам [1]–[3].

Так, численні вітчизняні дослідження визначають біогаз та біомасу, сонячну, вітрову та гідроенергію як перспективні джерела відновлюваної енергії, які можуть допомогти зменшити залежність від викопного палива, підвищити енергетичну безпеку та зменшити викиди вуглецю [1]–[9]. Хоча обсяги доцільного технічно досяжного потенціалу залучення відновлюваних джерел енергії малої потужності в розрізі країни та регіонів добре досліджені [1]–[3], основні можливості та бар'єри для їх розвитку на сучасному етапі потребують додаткової уваги.

Новий рівень розвитку технологій дозволяє розглядати розподілену генерацію як доповнюючу по відношенню до централізованої енергетики, метою якої є підвищення надійності електропостачання шляхом підвищення рівня енергетичного самозабезпечення споживачів. Однак слід зазначити, що збільшення кількості джерел розподіленої генерації не означає автоматичного підвищення рівня надійності енергозабезпечення регіону. Як вказується в [4], значна кількість джерел РГ і їхня робота не скоординовані між собою, що за відсутності систем зберігання енергії може призвести до зниження надійності системи, наприклад, при високій концентрації джерел РГ одного типу – приміром сонячних станцій, потужність яких залежить від інтенсивності сонячного випромінювання. Тому важливо не зосереджуватися на одному обраному відновлюваному джерелі енергії в регіоні, а створити збалансовану структуру відновлюваної розподіленої генерації, яка б повністю використовувала потенціал окремо взятого регіону України.

**Метою** даної статті є вивчення поточного стану та перспектив розвитку децентралізованої енергетики з відновлюваних джерел енергії, виконання аналізу сильних і слабких сторін різних технологій РГ, а також бар'єрів, подолання яких є необхідним для успішного впровадження цих технологій.

## 2. Методи та матеріали

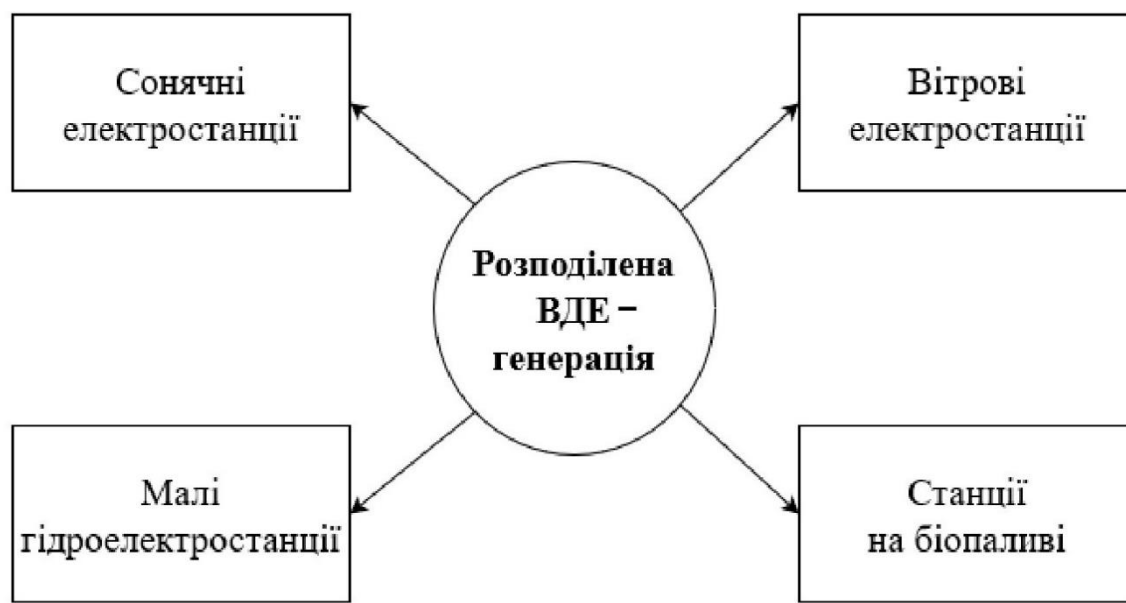
Відповідно до дослідження, проведеного IRENA, у світі очікується зростання частки розподіленої генерації щонайменше на 15% від загальної встановленої потужності до 2025 року [10]. Такі об'єкти передбачають безпечність, доступність і конкурентоспроможність енергоресурсів, тому на сучасному етапі видаються оптимальним способом забезпечення енергетичних потреб. За останні десятиріччя технології виробництва енергії набули суттєвого розвитку і дозволяють забезпечувати потреби в енергоресурсах з меншою шкодою та ризиками для населення й довкілля. Процес розвитку сучасної електроенергетики у світі відбувається шляхом поєднання традиційних генеруючих станцій великої потужності з централізованим керуванням і енергооб'єктів децентралізованої (розподіленої) генерації на основі малих та відновлюваних джерел енергії, які знаходяться поблизу кінцевого споживача, незалежно від права власності [7].

Поступова децентралізація енергосистем можлива за умов впровадження інтелектуальних механізмів управління розподіленими енергетичними ресурсами та їх системної інтеграції. Ще однією важливою умовою є ефективна взаємодія сектору електроенергетики з транспортом, теплопостачанням та сферою накопичення енергії, що дозволить ефективніше використовувати мінливу сонячну та вітрову генерацію [6]–[9].

В Україні законодавчо визначено, що до розподіленої генерації відносяться електростанції встановленої потужності 20 МВт та менше, приєднані до системи розподілу електричної енергії [11]. Якщо ж розглядати питання з урахуванням технологічних зв'язків, то розподілена генерація разом із розподіленим накопиченням та керуванням попитом є складовою розподілених енергетичних ресурсів, що мають технічну можливість здійснювати виробництво та/або накопичення електричної енергії з метою її відпуску в мережу, та/або надання послуг з управління попитом [12]–[13].

Існує кілька основних загальноприйнятих у світі критеріїв класифікації генеруючого обладнання розподіленої генерації. Перша класифікація розглядає встановлену потужність генеруючих установок: мікро (1 Вт – 5 кВт), малі (5 кВт – 5 МВт), середні (5 МВт – 50 МВт) та великі (50 МВт – 300 МВт, в Україні остання категорія не відносяться до РГ). Друга класифікація заснована на технології виробництва електроенергії, а саме: відновлювані, блокові чи когенераційні [14].

Розподілена генерація, заснована на відновлюваних джерелах енергії, розглядається як найбільш сприятлива для довкілля. До найбільш поширених систем розподіленої ВДЕ-генерації в Україні належать сонячні батареї, вітрові генератори, малі гідроелектростанції (МГЕС) та станції на біогазі та біомасі (рис. 1).



**Рис. 1.** Технології відновлюваної розподіленої генерації

Аналіз особливостей розвитку розподіленої генерації дозволив виокремити переваги та перешкоди для розвитку розподіленої генерації в Україні.

До основних переваг розвитку розподіленої ВДЕ-генерації в Україні слід віднести наступні:

1. Підвищення енергоефективності: об'єкти розподіленої генерації розміщені поряд зі споживачами енергії, що призводить до зменшення втрат енергії під час передачі та навантаження на розподільчу інфраструктуру.

2. Короткий пусковий період: станції невеликої потужності можна проектувати і будувати швидше, зменшуючи ризики та скорочуючи період будівництва.

3. Покращена енергетична безпека: розподілена генерація може забезпечити більш надійне та стабільне енергопостачання, зменшуючи ризик відключень електроенергії та підвищуючи стабільність мережі.

4. Економія коштів: розподілена ВДЕ-генерація може бути економічно ефективнішою, ніж централізовані електростанції, особливо для віддалених або автономних місць.

5. Переваги для навколишнього середовища: використання відновлюваних джерел енергії дозволяє значно зменшити викиди парникових газів і забруднюючих речовин та пом'якшити вплив на довкілля, зокрема на ґрунт та якість води.

6. Надійність та гнучкість: менша ймовірність одночасних численних аварій станцій розподіленої генерації, короткий час простоїв через ремонт; зменшення навантаження на централізовані електростанції та лінії електропередачі.

7. Місцеві економічні переваги: розподілена генерація сприяє створенню робочих місць та стимулює місцевий економічний розвиток шляхом збільшення попиту на місцеві послуги з встановлення та обслуговування.

До бар'єрів, що перешкоджають розвитку розподіленої ВДЕ-генерації, можна віднести наступні:

1. Високі початкові капітальні витрати: системи розподіленої генерації часто вимагають більших початкових витрат, ніж централізовані електростанції, що ускладнює фінансування та розширення цих проєктів.

2. Недосконала система тарифів: несправедлива система тарифів і ціноутворення для різних видів розподілених ВДЕ; ймовірність виникнення конкуренції на енергетичному ринку та конфлікти інтересів між розподіленою генерацією та іншими учасниками ринку.

3. Залежність від природних чинників: ВДЕ залежать від погоди і не завжди можуть забезпечити стабільне та надійне енергопостачання; змінність у виробництві енергії може створювати проблеми для операторів мереж і вимагати резервних джерел живлення та систем накопичення енергії.

4. Обмежена масштабованість: системи розподіленої генерації можуть мати обмежену масштабованість через їхній розмір і локалізацію, що може ускладнити задоволення енергетичних потреб населення або промислових підприємств.

5. Технічні вимоги: системи розподіленої генерації вимагають високого технічного досвіду та спеціалізованого обладнання для проєктування, встановлення та ефективної роботи, що може створювати перешкоди для входу на ринок для нових учасників; з розвитком РГ може виникнути потреба в модернізації розподільчих мереж та додаткової інфраструктури.

6. Слабка система стимулювання: наразі законодавство не містить додаткових стимулів для розвитку РГ, а отже інвестори можуть розраховувати лише на ринкові умови та власні конкурентні переваги.

7. Регуляторні та політичні проблеми: системи розподіленої генерації стикаються з регулятивними та політичними проблемами, пов'язаними з такими питаннями, як стандарти взаємозв'язку, чисте вимірювання та інтеграція в мережу, що може створити невизначеність і збільшити вартість проєкту.

8. Відсутність стандартизації: наразі не існує стандартизованого підходу до проєктування та впровадження систем розподіленої генерації, що може призвести до змін у продуктивності, якості та безпеці.

### ***Потенціал розподіленої ВДЕ-генерації в Україні***

Згідно з проведеними дослідженнями, результати яких представлено в табл. 1, встановлено, що технічно досяжний потенціал України для вироблення енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива оцінюється у понад 98,0 млн тонн у.п. на рік [15].

**Таблиця 1.** Технічно досяжний потенціал вироблення енергоносіїв з розподілених енергетичних ресурсів та ВДЕ в Україні [15]

№ з/п	Напрями освоєння ВДЕ	Потенціал, млн т у.п./рік
1	Вітроенергетика	28,0
2	Сонячна енергетика, в тому числі	6,0
2.1	- електрична	2,0
2.2	- тепла	4,0
3	Мала гідроенергетика	3,0
4	Біоенергетика, в тому числі:	31,0
4.1	- електрична	10,3
4.2	- тепла	20,7
5	Геотермальна тепла енергетика	12,0
6	Енергія доквілля (теплові насоси)	18,0
<b>Загальний обсяг заміщення традиційних ПЕР</b>		<b>98,0</b>

Найбільш розвиненими та поширеними в Україні серед ВДЕ-електростанцій розподіленої генерації є сонячні (загальна встановлена потужність – 121,99 МВт). Аналіз розвитку розподілених ВДЕ-електростанцій за регіонами та технологіями [16] виявив, що сонячні електростанції переважають майже у всіх регіонах (крім Сумської, Миколаївської, Житомирської та Донецької областей). Найбільше малих біогазових електростанцій у Вінницькій, Київській, Рівненській та Хмельницькій областях, а малих та мікро-ГЕС – у Вінницькій, Хмельницькій, Закарпатській, Житомирській та Сумській областях. У Хмельницькій та Закарпатській областях мікро-ГЕС та СЕС набули приблизно однакового розвитку (за потужністю).

#### **Станції на біопаливі (біомаса та біогаз)**

Біомаса та біогаз (біометан) є доступними джерелами енергії, яку можна використовувати для виробництва тепла та електроенергії в Україні. Ресурси біомаси в Україні включають деревину, сільськогосподарські залишки та енергетичні культури, які можуть бути перетворені на різноманітні види палива, такі як деревні гранули, біогаз та біонафта. Останніми роками пришвидшився розвиток розподілених станцій на біопаливі в Україні, що обумовлено більш сприятливими політичними рамками, збільшенням попиту на відновлювані джерела енергії та доступністю ресурсів.

Структура встановлених в Україні розподілених електростанцій на біопаливі в регіональному розрізі наведено в табл. 2 [16].

**Таблиця 2.** Встановлені електростанції на біопаливі в регіонах України

Область	БіоТЕС, МВт	Електростанції на біомасі, МВт	Область	БіоТЕС, МВт	Електростанції на біомасі, МВт
Вінницька	1,63	0	Миколаївська	0,53	0
Волинська	0,33	0	Одеська	0	0
Дніпропетровська	0	0	Полтавська	0,85	0
Донецька	1,12	0	Рівненська	1,18	0
Житомирська	0	0	Сумська	0	0
Закарпатська	0,6	0	Тернопільська	0	0
Запорізька	0	0	Харківська	0,85	0
Івано-Франківська	0,66	0,15	Херсонська	0,63	0
Київська	2,06	0	Хмельницька	1,51	0
Кіровоградська	0,64	0	Черкаська	0,6	0
Луганська	0	0	Чернівецька	0	0
Львівська	0	0	Чернігівська	0,49	0
<b>Всього в Україні</b>				<b>13,66</b>	<b>0,15</b>

Розподілені станції на біопаливі – це невеликі об’єкти для виробництва тепла та/або електроенергії в місці споживання або поблизу нього. Ці об’єкти можуть бути розгорнуті в різних умовах, включаючи сільські райони, промислові об’єкти та міські райони, і можуть використовувати різноманітну біосировину залежно від місцевої доступності та попиту. Переваги розподілених станцій на біопаливі включають зменшення потреби в транспортуванні палива на далекі відстані, створення місцевих економічних можливостей та скорочення викидів парникових газів шляхом витіснення викопного палива. Окрім того, відходи виробництва біомаси та біогазу можна використовувати як добриво, сприяючи сталому сільському господарству. Однак слід зазначити, що окупність більшості біоенергетичних проєктів в Україні, у кращому випадку, оцінюється на рівні 5–6 років, а з урахуванням рівня ефективності – не менше 7–8 років [17].

В Україні було реалізовано кілька успішних проєктів розподіленої генерації з біомаси, які демонструють потенціал такого підходу для розкриття нових можливостей для розгортання відновлюваної енергетики. Установка на біомасі для виробництва тепла була встановлена у місті Дубно Рівненської області для місцевої громади. Крім того, кілька років тому в місті Рівне було встановлено котел на біомасі потужністю 10 МВт, а наприкінці 2021 року був запущений ще один

котел на біомасі потужністю 20 МВт, який опалює 12 об'єктів бюджетної сфери та 91 багатоповерхову будівлю. Восени 2021 року в Житомирі була запущена сучасна когенераційна станція на біомасі, яка використовує тріску деревини та інші відходи місцевої деревообробної промисловості і має потужність 1,2 МВт електричної та 7,1 МВт теплової енергії [18].

Таким чином, розподілена генерація з використанням біопалива є перспективним рішенням для задоволення місцевих потреб у тепловій та електричній енергії в Україні. Однією з головних переваг енергетичного використання біомаси є її універсальність та мультиваріантність, однак необхідно враховувати, що певна її частина необхідна для задоволення власних потреб сільського господарства. Розкриваючи потенціал розподіленого виробництва енергії з біомаси, Україна зможе зменшити свою залежність від викопного палива та створити нові економічні можливості в сільській місцевості (нові джерела доходу для фермерів та сільськогосподарського бізнесу). Однак, щоб повністю реалізувати потенціал виробництва енергії на біопаливі, необхідно усунути бар'єри, які в даний час обмежують її розгортання, і підтримати її розвиток за допомогою відповідних законодавчих та ринкових механізмів.

### *Малі гідроелектростанції*

Малі гідроелектростанції є перспективним відновлюваним джерелом енергії в Україні завдяки великій кількості водних ресурсів малих річок країни. МГЕС в Україні називають гідроелектростанції (ГЕС), що мають потужність до 10 МВт. Згідно з міжнародною класифікацією, яка використовує нормативи ООН, до категорії малих гідроелектростанцій входять станції з потужністю від 1 до 30 МВт, до міні-ГЕС входять станції від 100 до 1000 кВт, а до мікро-ГЕС – станції з потужністю не більше 100 кВт. В даній роботі малі гідроелектростанції (МГЕС) розглядаються сукупно, без розподілу за масштабованістю. Однією з головних особливостей МГЕС є їх надійність. Вони можуть працювати безперервно з мінімальним обслуговуванням і забезпечувати електроенергією віддалені райони, не підключені до мережі (наприклад, гірські). Крім того, МГЕС виробляють стабільну енергію, на відміну від таких відновлюваних джерел енергії, як вітер і Сонце.

Структура встановлених в Україні малих гідроелектростанцій в регіональному розрізі наведено в табл. 3 [16].

**Таблиця 3.** Встановлені МГЕС в регіонах України

Область	Потужність МГЕС, МВт	Область	Потужність МГЕС, МВт
Вінницька	4,83	Миколаївська	1,85
Волинська	0	Одеська	0,9
Дніпропетровська	0,13	Полтавська	3,4
Донецька	0,94	Рівненська	1,36
Житомирська	4,7	Сумська	1,51
Закарпатська	6,71	Тернопільська	2,64
Запорізька	0,48	Харківська	0
Івано-Франківська	2,44	Херсонська	0,15
Київська	2,02	Хмельницька	7,55
Кіровоградська	1,37	Черкаська	3,15
Луганська	0	Чернівецька	0,4
Львівська	0,62	Чернігівська	0,18
<b>Всього в Україні</b>			<b>47,32</b>

З економічного погляду встановлення МГЕС потребує відносно низьких початкових інвестицій, а їх окупність може бути досягнута за відносно короткий період, особливо в районах з високими тарифами на електроенергію або віддалених районах, де вищі витрати на розширення мережі. До переваг також слід віднести низькі експлуатаційні витрати, оскільки МГЕС не потребують палива та мають довгий термін служби (можуть служити до 50 років і більше) [10].

З технічного погляду проектування та встановлення МГЕС вимагає досвіду в гідрології, цивільному будівництві та електротехніці. Потужність МГЕС визначається витратою води, напором (перепадом висоти) і ККД турбіни. Вибір типу турбіни залежить від характеристик ділянки, а конструкція генератора та електричної системи залежить від вихідної потужності та передбачуваного використання електроенергії.

В Україні реалізовано декілька успішних гідропроєктів розподіленої генерації. Так, наприклад, встановлення МГЕС потужністю 200 кВт·год у місті Славута Хмельницької обл. забезпечило електроенергією місцеву громаду та зменшило залежність від дизельних генераторів [19].

### ***Розподілена сонячна генерація***

Україна має значний потенціал сонячної енергії, до 2 млн т у.п. на рік [15]. В останні роки стрімкий розвиток сонячної енергетики в Україні був зумовлений високим пільговим тарифом на вироблену енергію, зниженням вартості сонячних панелей, легкістю встановлення та експлуатації. Розподілена сонячна генерація включає малі сонячні фотоелектричні системи, які встановлюються в точці споживання енергії або поблизу неї.

Структура встановлених в Україні сонячних електростанцій (СЕС) в регіональному розрізі наведено в табл. 4 [16].

**Таблиця 4.** Встановлені СЕС в регіонах України

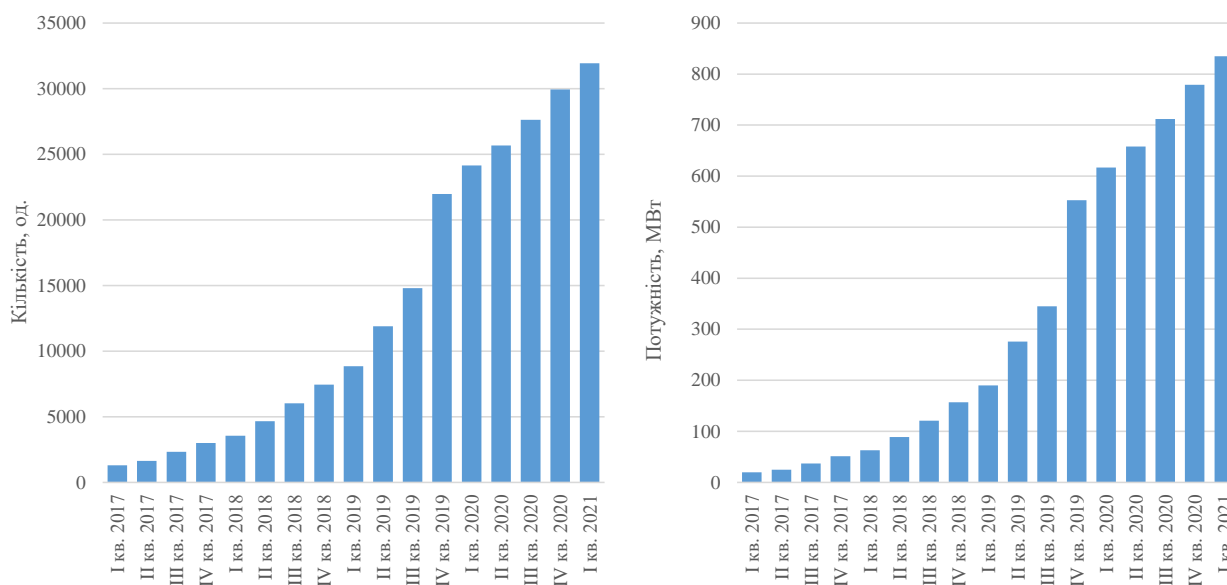
Область	Потужність СЕС, МВт	Область	Потужність СЕС, МВт
Вінницька	1,34	Миколаївська	1,85
Волинська	1,59	Одеська	0,9
Дніпропетровська	0,71	Полтавська	3,4
Донецька	2,48	Рівненська	1,36
Житомирська	0,07	Сумська	1,51
Закарпатська	8,9	Тернопільська	2,64
Запорізька	4,27	Харківська	0
Івано-Франківська	4,18	Херсонська	0,15
Київська	8,29	Хмельницька	7,55
Кіровоградська	6,55	Черкаська	3,15
Луганська	3,15	Чернівецька	0,4
Львівська	1,65	Чернігівська	0,18
<b>Всього в Україні</b>			<b>121,99</b>

Розподілена сонячна генерація має ряд переваг перед централізованими СЕС. Такі СЕС можуть бути встановлені в різних умовах, включаючи дахи житлових і комерційних будівель, автостоянки і сільськогосподарські угіддя. Розташування таких станцій безпосередньо біля місць споживання енергії додатково зменшує необхідність у лініях електропередачі та втрати в мережах.

В Україні реалізовано кілька успішних проєктів розподіленої сонячної генерації, які демонструють потенціал такого підходу для впровадження відновлюваної енергетики. Наприклад, у місті Любомлі Волинської обл. було встановлено систему вуличного освітлення на сонячних батареях з використанням розподілених сонячних фотоелектричних систем, що зменшує залежність міста від мережевої електроенергії та забезпечує надійне освітлення для мешканців [20]. У місті Радехові Львівської обл. розподілений сонячний фотоелектричний проєкт потужністю 725 кВт був встановлений на дахах кількох підприємств, забезпечуючи чисту енергію для місцевої громади та створюючи нові економічні можливості для постачальників послуг сонячної енергії [21].

Значний ріст цін на енергоносії та перебої в електропостачанні призвели до зростання зацікавленості побутових споживачів у використанні домашніх сонячних станцій та вітроенергетичних установок для автономного й допоміжного електроживлення приватних будинків, фермерських господарств та невеликих господарських об'єктів. В Україні, за статистикою

Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, починаючи з 2014 року було встановлено майже 45 тис. домашніх сонячних електростанцій (дСЕС), причому 15 тис. з них – лише за 2021 рік (як показано на рис. 2) [22].



**Рис. 2.** Динаміка розвитку домашніх СЕС у приватних домогосподарствах України за кількістю (зліва) та потужністю (справа) [19]

За даними Держенергоефективності України, найбільше домашніх СЕС було встановлено в Дніпропетровській (6466 СЕС загальною потужністю 183 МВт), Закарпатській (3744 СЕС загальною потужністю 109 МВт) та Тернопільській (3447 СЕС загальною потужністю 98 МВт) областях [22]. Такі показники свідчать про сталий інтерес та довіру до технологій із використанням ВДЕ, більше того, така зацікавленість зростає з кожним роком, адже, встановлюючи дСЕС у своїх домогосподарствах, збільшується автономна енергонезалежність кожного з них. Сприяють цьому різні чинники, в тому числі й бажання населення убезпечити себе від майбутніх цінових коливань на ринку електроенергії, мати альтернативне джерело енергії на випадок планових чи аварійних відключень електропостачання, а також отримувати додатковий прибуток від продажу надлишкової електроенергії на умовах «зеленого тарифу».

Недоліком сонячної генерації є її залежність від часу доби та сезону. Сонячні установки найбільш активно працюють вдень, коли є сонячна енергія, та влітку, коли довгий світловий день. Взимку сонячна станція працює на 10–15% від свого літнього потенціалу. Тому ефективна робота сонячної електростанції передбачає встановлення накопичувачів електричної та теплової енергії. Слід зазначити, що спільне будівництво об'єктів ВДЕ-генерації сукупно з системою накопичування енергії є однією з тенденцій останніх 5-ти років.

### ***Розподілена вітрова генерація***

Енергія вітру є одним з найбільш перспективних джерел відновлюваної енергії в Україні, з потенціалом до 28 млн т у.п. на рік [15], однак розвиток централізованих вітрових електростанцій ускладнюється проблемами, пов'язаними з землекористуванням, екологією та проблемами інтеграції в мережу. Розподілена вітрова генерація може бути розгорнута в різних умовах, включаючи сільські та віддалені райони, промислові об'єкти та міське середовище, що робить її гнучким та адаптованим рішенням для задоволення місцевих енергетичних потреб.

Розподілена вітрогенерація добре поширена у світі, так, наприклад, у США розподілена вітрова генерація має потенціал забезпечити до 10% потреб країни в електроенергії. У Сполученому



Королівстві невеликі вітряні турбіни були встановлені в міських умовах, забезпечуючи чисту енергію і зменшуючи залежність від електроенергії в мережі [23].

За оцінкою експертів, мала та середня вітрогенерація, до яких відносяться вітроенергетичні установки потужністю до 20 кВт та потужністю від 20 до 500 кВт, є перспективною в умовах України [23]. Однак досі цей сегмент вітроенергетичного ринку країни розвивався досить повільно. Одним з головних бар'єрів, який стримує розвиток ринку домашніх вітроенергетичних установок малої генерації є вища, у порівнянні з домашніми сонячними станціями, вартість капітальних витрат та значно менший, ніж для сонячної генерації, «зелений» тариф, а також більш складні монтаж та обслуговування.

Слід зазначити, що повної офіційної інформації щодо кількості встановлених автономних систем малої електрогенерації немає, оскільки до офіційної статистики потрапляють тільки ті сонячні і вітрові установки домогосподарств, які отримали «зелений» тариф (представлено в табл. 5).

Відповідно до офіційної статистики, в Україні серед отримувачів «зеленого» тарифу представлено тільки 4 вітроустановки і 8 комбінованих станцій загальною встановленою потужністю 0,321 МВт станом на кінець 2021 р., хоча значно більше домогосподарств вже використовують вітросонячні системи для покриття власного споживання. За даними компаній, які працюють на ринку малої вітрогенерації, лише за 2021 р. у домогосподарствах країни було встановлено близько 60 малих вітроустановок. У 2021 р. вітроустановки, які отримують «зелений» тариф, згенерували 1 639 кВт·год, а комбіновані станції – 163 148 кВт·год [23].

**Таблиця 5.** Домашні ВЕС та комбіновані станції ВЕС+СЕС, які отримують «зелений» тариф [16]

Область	ВЕС		Комбіновані (ВЕС+СЕС)	
	Кількість станом на 01.01.2022	Встановлена потужність генеруючих установок, МВт	Кількість станом на 01.01.2022	Встановлена потужність генеруючої установки, МВт
Волинська	1	0,02		
Дніпропетровська	1	0,03	1	0,05
Донецька			1	0,0242
Закарпатська	1	0,004		
Кіровоградська			1	0,05
Миколаївська			1	0,05
Сумська			1	0,05
Тернопільська			2	0,01
Херсонська	1	0,003		
Київська			1	0,03
<b>Всього по Україні</b>	<b>4</b>	<b>0,057</b>	<b>8</b>	<b>0,264</b>

Вітрова генерація також залежить від погодних умов, проте проблему її нестабільності так само, як і у випадку з сонячною генерацією, здатні вирішити системи накопичення енергії. Ще одним варіантом вирішення проблеми може стати використання комбінованої системи «сонце+вітер». Встановлено, що 0,8 кВт вітру виробляє за типовий зимовий день стільки ж енергії, що і сонячна станція потужністю 20–25 кВт [20].

Також перспективним для використання розподілених вітроенергетичних технологій в Україні є сегмент малого та середнього бізнесу. Постійне зростання ціни на електроенергію для підприємств протягом року, яка на кінець 2021 р. перевищила 5 грн за кВт·год, змушує підприємців шукати альтернативу централізованому електропостачанню. Успішним прикладом використання енергії вітру для середнього бізнесу є Зборівська птахофабрика (м. Зборів, Тернопільська обл.), на території якої у 2018–2019 рр. були встановлені три вітротурбіни Vestas V47 потужністю 660 кВт кожна. Наразі «зелену» електроенергію отримує не лише птахофабрика, а й жителі міста Зборів [24].

### **Організаційні особливості в Україні**

Розподілена генерація має позитивний вплив на надійність електропостачання та безпеку розподільчої мережі загалом (де трапляється близько 90% аварійних ситуацій). У деяких галузях збитки від недовідпуску електроенергії оцінюються десятками та сотнями тисяч доларів на годину (наприклад, провайдери стільникового зв'язку, фондові біржі). Здатність пристроїв РГ підтримувати електропостачання при аварійних відключеннях дозволяє уникнути значних витрат, пов'язаних із відключеннями та недовідпуском електроенергії [25]–[27].

Втім, для впровадження розподілених енергетичних технологій необхідні відповідні інвестиції від їх власників, незалежно від того, хто є власником ресурсу (побутовий споживач, компанія-постачальник, оператор мережі, енергосервісна компанія). Створення таких технологій може вимагати значних капіталовкладень. Наприклад, укладання під ключ сонячних електростанцій в Україні на сьогодні коштує від 0,65 до 0,8 долара США за 1 Вт встановленої потужності [12]. Отже, кожні 10 кВт встановленої сонячної потужності потребують щонайменше 6500 доларів США. Встановлення акумуляторів потужністю 1 кВт за лічильником також вимагає витрат у близько 700 доларів США [12]. Щоб здійснити такі інвестиції, споживачі повинні мати серйозну мотивацію, і найбільш поширеною з них є економічна мотивація.

Окрім того, для стимулювання розвитку розподіленої генерації у сегменті малого та середнього бізнесу важливим інструментом стане створення механізму надання державою гарантій походження на «зелену» електроенергію, що зробить їх товари конкурентноздатними на ринку ЄС і допоможе уникнути додаткового оподаткування.

Можна виділити наступні можливі режими роботи об'єктів розподіленої генерації з основною мережею Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України:

1. Автономний режим – ізольована робота генеруючої установки об'єкта РГ з повним забезпеченням електропостачання своїх споживачів у всіх зонах графіка навантаження, ремонтних резервів, технологічної, функціональної та аварійної броні.

2. Паралельний режим – паралельна робота генеруючого об'єкта РГ з ОЕС, з видачею або без видачі потужності в мережу із забезпеченням роботи об'єкта РГ у базовій зоні графіка навантаження за рахунок отримання з ОЕС потужності в години пікових навантажень та видачі в ОЕС надлишків потужності в години їх мінімуму.

3. Комбінований режим – об'єкт РГ працює паралельно з ОЕС, але в разі аварійних ситуацій може бути переведений на ізольовану роботу, повністю забезпечуючи живлення споживачів.

Наявність підключення розподіленої генерації до загальної електричної мережі дає можливість компенсувати нестачу електроенергії, використовуючи її споживання із загальної мережі, а в разі надлишкового виробництва власним джерелом – передавати електроенергію до мережі.

Планування розвитку розподіленої генерації необхідно здійснювати сукупно з інтеграцією систем накопичення енергії в Україні з урахуванням багатьох факторів, до них належать: технічний потенціал відновлюваних джерел енергії в регіоні, існуюча мережева інфраструктура, нормативно-правова база та економічна доцільність проєктів, а також використання інтелектуальних систем, які характеризуватимуться максимальною самодіагностикою, попередженням системних збоїв, розвитком технологій самовідновлення схем електропостачання споживачів, що суттєво підвищить ефективність енергозабезпечення в Україні.

### **3. Висновки**

Виконаний огляд показав, що технічно досяжний потенціал розподілених ВДЕ-станцій в Україні є значним, враховуючи, що згідно з Національною економічною стратегією України на період до 2030 року, частка ВДЕ може сягнути у перспективі 25% від загального первинного постачання енергії [28]. Перевага біомаси полягає в тому, що вона є надійним і стабільним джерелом енергії, яке може забезпечити постійний дохід для фермерів і сільських громад. Сонячна енергія є широкодоступним і багатим ресурсом, завдяки дешевизні та легкості установки обладнання і експлуатації. Енергія вітру є перспективним джерелом відновлюваної енергії в Україні, яка на

відміну від сонця може надавати енергію цілу добу та в різні пори року. Однак реалізація цих технологій генерації також стикається зі значними проблемами та обмеженнями. Будівництво станцій на біопаливі потребує значних витрат, а експлуатація може додатково ускладнюватися через конкуренцію за сировину між виробництвом енергії та іншими галузями промисловості. Сонячна та вітрова енергія залежать від погодних умов, і витрати на виробництво та встановлення обладнання можуть бути високими і стикатися з різного роду обмеженнями.

В Україні однією з основних причин необхідності інтенсивного розвитку децентралізованих об'єктів розподіленої генерації є досягнення оптимального рівня безпеки, надійності та самостійності енергозабезпечення регіонів, промислових, комунальних споживачів та населення як на період максимального навантаження, так і при аваріях та руйнуваннях в ОЕС. При цьому наявність підключення розподіленої генерації до загальної електричної мережі збільшує гнучкість у використанні енергії споживачами, надаючи можливість використовувати її як із власної генерації, так і з загальної мережі, а в разі надлишкового виробництва – передавати електроенергію до мережі. Варто відзначити важливу роль розвитку сучасних систем накопичення енергії для забезпечення надійної роботи розподіленої ВДЕ-генерації.

Можна зробити висновок, що впровадження розподіленої генерації та розвиток систем зберігання енергії в Україні з урахуванням багатьох чинників є технічно та економічно доцільним та дозволить зменшити втрати електроенергії при транспортуванні, мінімізувати протяжність та необхідну пропускну здатність ліній електропередачі, пом'якшити наслідки аварій на центральних електростанціях та магістральних лініях електропередачі завдяки наявності власних джерел енергії, забезпечити часткове резервування генеруючих потужностей, а також знизити вплив на довкілля, використовуючи потенціал джерел розподілених ВДЕ. Слід відзначити, що розвиток розподіленої ВДЕ-генерації сприятиме підвищенню рівня конкуренції на ринку електроенергії України, стимулюючи перегляд та оптимізацію стратегій ціноутворення.

## Посилання

1. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sector-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny> (дата звернення: 22.01.2023).
2. Іванов Д. «Децентралізація» системи електропостачання: погляд зсередини. *Економічна правда*. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/12/21/695248/> (дата звернення: 08.02.2023).
3. Децентралізація, прос'юмери, відновлювана енергетика: як слідом за світом енергосистема України стає самодостатньою. URL: <https://uatv.ua/uk/detsentralizatsiya-pros-yumery-vidnovlyuvana-energetyka-yak-slidom-za-svitom-energosystema-ukrayiny-staye-samodostatnoyu/> (дата звернення: 15.02.2023).
4. Кириленко О.В., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М. Технічні аспекти впровадження джерел розподільної генерації в електричних мережах. *Технічна електродинаміка*. 2011. № 1. С. 46—53.
5. Кириленко О.В., Трач І.В. Технічні особливості функціонування енергосистем при інтеграції джерел розподіленої генерації. *Праці Інституту електродинаміки НАН України*. 2009. Вип. 24. С. 3—7.
6. Денисюк С.П., Горенко Д.С. Аналіз проблем впровадження віртуальних електростанцій. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2016. № 2(44). С. 25—33.
7. Кудря С.О., Резцов В.Ф., Суржик Т.В. та ін. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. К.: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2008. 55 с.
8. Попов В.А., Ткаченко В.В., Луцько Е.С. Пути рационального формирования и управления режимами интегрированных систем электроснабжения. *Зб. наук. праць Інституту електродинаміки НАН України*. 2010. Спецвипуск. С. 60—65.
9. Праховник А.В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергосбережения. К.: Освіта України, 2007. 464 с.
10. World Energy Transition Outlook 2022. IRENA, 2022. URL: <https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2022> (дата звернення: 15.02.2023).
11. Про ринок електричної енергії: Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII (Чинний).
12. Зінченко А., Бондарчук І., Хоменко В. Біла книга. Розподілені енергетичні ресурси та технології. URL: <https://cutt.ly/Yt5Z0ID> (дата звернення: 14.02.2023).
13. Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019L0944> (дата звернення: 14.02.2023).

14. Ackermann T., Andersson G., Soder L. Distributed generation: a definition. *Electric Power Systems Research*. 2001. Vol. 57. P. 195—204.
15. Технічно-досяжний потенціал вироблення енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива. *Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності)*. URL: <https://sae.gov.ua/uk/activity/vidnovlyuvana-enerhetyka/potentsial> (дата звернення: 15.02.2023).
16. Зінченко А., Кунбуттаєва А. Малі учасники ВДЕ-ринку в Україні. Фонд Г. Бьоля, 2020. URL: <https://ua.boell.org/sites/default/files/2020-08/%D0%9C%D0%B0%D0%BB%D1%96%20%D1%83%D1%87%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%92%D0%94%D0%95-%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D1%83%20%D0%B2%20%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%96%D0%88%D0%BD%D1%96.pdf> (дата звернення: 08.03.2023).
17. Біогаз та біометан в Україні. URL: <https://uabio.org/biogas-and-biomethane/> (дата звернення: 08.03.2023).
18. Теплова альтернатива: біомаса поступово заміщує природний газ. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/naturalna-alternatyva-biomasa-postupovo-zamishchuie-pryrodni-haz> (дата звернення: 08.03.2023).
19. Запрацювала мала гідроелектростанція у Славуті. URL: <https://vir.uan.ua/a-small-scale-hydroelectric-power-station-in-slavuta-has-started-working/> (дата звернення: 20.04.2023).
20. Підприємець з Шацька встановив у Любомлі вуличне освітлення на сонячних батареях. URL: <https://shatsk.rayon.in.ua/news/36278-pidpriemets-z-shatska-vstanoviv-u-liubomli-vulichne-osvitlennia-nasoniachnih-batareiah> (дата звернення: 20.04.2023).
21. На Львівщині побудували найбільшу в Україні дахову СЕС для власного споживання підприємства. URL: <https://expro.com.ua/novini/na-lvvschin-pobuduvali-nayblshu-v-ukran-dahovu-ses-dlya-vlasnogo-spojivannya-rpgrimstva-> (дата звернення: 20.04.2023).
22. У 2021 році близько 15 тис. родин встановили СЕС. *Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності)*. URL: <https://sae.gov.ua/uk/news/4085> (дата звернення: 20.04.2023).
23. Вітроенергетичний сектор України: огляд ринку. ГС «Українська вітроенергетична асоціація». Лютий, 2022. 102 с.
24. Зборівська ВЕС. URL: [https://www.energo.ua/ua/assets/zborivska\\_wind\\_farm](https://www.energo.ua/ua/assets/zborivska_wind_farm) (дата звернення: 20.04.2023).
25. Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії: Закон України від 25.04.2019 № 2712—VIII.
26. Moskovitz D. Profits and progress through distributed resources. *The Regulatory Assistance Project, Tech. Rep.* 2000.
27. Adefarati T., Bansal R., Reliability assessment of distribution system with the integration of renewable distributed generation. *Appl. Energy*. 2017. 185. P. 158—171.
28. Національна економічна стратегія України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 03.03.2021 № 179. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-%D0%BF#n25> (дата звернення: 15.02.2023).

## CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF RENEWABLE DISTRIBUTED GENERATION IN UKRAINE

**Ganna Kostenko\***, <https://orcid.org/0000-0002-8839-7633>

**Olexandr Zgurovets**, PhD (Engin.), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-8439-9781>  
General Energy Institute of NAS of Ukraine, 172, Antonovycha St., Kyiv, 03150, Ukraine

\*Corresponding author: [Kostenko\\_HP@nas.gov.ua](mailto:Kostenko_HP@nas.gov.ua)

**Abstract.** *The development of distributed generation in Ukraine corresponds to global trends in the energy sector. The particular relevance of distributed energy for Ukraine lies in the fact that its development contributes to reducing the costs of energy consumers, reducing the load on energy networks and losses of electrical energy, as well as improving the reliability of the energy system and energy efficiency of the economy. This article provides an overview of the main sources, technologies, and trends in the development of distributed generation (DG) in Ukraine, including stations running on biofuels (biomass and biogas), small hydroelectric power stations, as well as distributed solar and wind power plants. Various aspects related to the current state and future prospects of distributed energy in Ukraine are considered, with particular attention to barriers that impede its development. The main operating modes of distributed generation facilities are identified together with the National Energy*

*Company of Ukraine. An analysis of the structure of distributed generation facilities by technology and power usage is carried out using statistical data. The factors that stimulate the development of distributed generation technologies are identified, and examples of successful implementation of DG facilities in Ukraine are provided. The main expected effects of implementing DG are determined, such as the adaptation of consumers to the uncertainty of the state of electricity due to the armed aggression of the Russian Federation, increasing the reliability of power supply, partial unloading of both main and distribution power lines, reducing energy losses in networks, as well as providing opportunities for communities to meet their energy needs. In addition, the development of distributed generation can contribute to increasing the level of competition in the electricity market, stimulating the review and optimization of pricing strategies.*

**Keywords:** distributed generation, RES, local networks, decentralization of energy supply.

## References

1. Sektor vidnovlyuvanoyi enerhetyky Ukrainy do, pid chas ta pislya viyny. URL:<https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-enerhetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny> (Last accessed: 22.01.2023).
2. Ivanov, D. "Detsentralizatsiya" systemy elektropostachannya:pohlyad zseredyny. *Ekonomichna pravda*. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/12/21/695248/> (Last accessed: 08.02.2023).
3. Detsentralizatsiya, pros'yumery, vidnovlyuvana enerhetyka: yak slidom za svitom enerhosystema Ukrainy staye samodostatn'oyu. URL: <https://uatv.ua/uk/detsentralizatsiya-pros-yumery-vidnovlyuvana-enerhetyka-yak-slidom-za-svitom-energosystema-ukrayiny-staye-samodostatnoyu/> (Last accessed: 15.02.2023).
4. Kyrylenko, O.V., Pavlovs'kyi, V.V., & Luk'yanenko, L.M. (2011). Technical aspects of adoption of distributed generation sources in electric mains. *Tekhnichna elektrodynamika*, 1, 46–53 [in Ukrainian].
5. Kyrylenko, O.V., & Trach, I.V. (2009). Tekhnichni osoblyvosti funktsionuvannya enerhosystem pry intehratsiyi dzherel rozpodilenoyi heneratsiyi. *Pratsi Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy*, 24, 3–7 [in Ukrainian].
6. Denysyuk, S.P., & Horenko, D.S. (2016). Analiz problem vprovadzhennya virtual'nykh elektrostantsiy. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohiyi, ekolohiya*, 2(44), 25–33 [in Ukrainian].
7. Kudrya, S.O., Ryeztsov, V.F., & Surzhyk, T.V. (2008). Atlas enerhetychnoho potentsialu vidnovlyuvanykh dzherel enerhiyi Ukrainy. K.: Instytut vidnovlyuvanoyi enerhetyky NAN Ukrainy, 55 p. [in Ukrainian].
8. Popov, V.A., Tkachenko, V.V., & Luts'ko, E.S. (2010). Puti ratsionalnogo formirovaniya i upravleniya rezhimami integrirovanykh sistem elektrosnabzheniya. *Zb. nauk. prats' Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy*. K.: Instytut elektrodynamiky NAN Ukrainy, Spetsvyppusk, 60–65 [in Russian].
9. Prakhovnyk, A.V. (2007). Malaya energetika: raspredelennaya generatsiya v sistemah energosberezheniya. K.: Osvita Ukrainyi, 464 p. [in Russian].
10. World Energy Transition Outlook 2022. IRENA, 2022. URL:<https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2022> (Last accessed: 15.02.2023).
11. Pro rynek elektrychnoyi enerhiyi: Zakon Ukrainy vid 13.04.2017 № 2019-VIII (Chynnyy).
12. Zinchenko, A., Bondarchuk, I., & Khomenko, V. Bila knyha. Rozpodileni enerhetychni resursy ta tekhnolohiyi. URL: <https://cutt.ly/Yt5Z0ID> (Last accessed: 14.02.2023).
13. Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019L0944> (Last accessed: 14.02.2023).
14. Ackermann, T., Andersson, G., & Soder, L. (2001). Distributed generation: a definition. *Electric Power Systems Research*, 57, 195–204.
15. Tekhnichno-dosyazhnyy potentsial vyroblennya enerhonosiyiv z vidnovlyuval'nykh dzherel enerhiyi ta al'ternatyvnykh vydiv palyva. *Derzhavne ahentstvo z enerhoefektyvnosti ta enerhozberezhennya Ukrainy (Derzhenerhoefektyvnosti)*. URL:<https://sae.gov.ua/uk/activity/vidnovlyuvana-enerhetyka/potentsial> (Last accessed: 15.02.2023).
16. Zinchenko, A., & Kunbuttayeva, A. (2020). Mali uchasyky VDE-rynku v Ukraini/. Fond H.B'ollya. URL: <https://ua.boell.org/sites/default/files/2020-08/%D0%9C%D0%B0%D0%BB%D1%96%20%D1%83%D1%87%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%92%D0%94%D0%95-%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D1%83%20%D0%B2%20%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%96%CC%88%D0%BD%D1%96.pdf> (Last accessed: 08.03.2023).
17. Biohaz ta biometan v Ukraini. URL: <https://uabio.org/biogas-and-biomethane/> (Last accessed: 08.03.2023).
18. Teplova al'ternatyva: biomasa postupovo zamishchuye pryrodnyy haz. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/naturalna-alternatyva-biomasa-postupovo-zamishchuie-pryrodnyi-haz> (Last accessed: 08.03.2023).
19. Zapratsyuvana mala hidroelektrostantsiya u Slavuti. URL: <https://vir.uan.ua/a-small-scale-hydroelectric-power-station-in-slavuta-has-started-working/> (Last accessed: 20.04.2023).

20. Pidpryyemets' z Shats'ka vstanovyv u Lyubomli vulychne osviltennya na sonyachnykh batareyakh. URL: <https://shatsk.rayon.in.ua/news/36278-pidpriemets-z-shatska-vstanoviv-u-liubomli-vulichne-osviltennia-na-soniachnih-batareiah> (Last accessed: 20.04.2023).
21. Na L'vivshchyni pobuduvaly naybil'shu v Ukraini dakhovu SES dlya vlasnoho spozhyvannya pidpryyemstva URL: <https://expro.com.ua/novini/na-lvvschin-pobuduvali-nayblshu-v-ukran-dahovu-ses-dlya-vlasnogo-spojivannya-pdprimstva>-(Last accessed: 20.04.2023).
22. U 2021 rotsi blyz'ko 15 tys. rodyn vstanovyly SES. *Derzhavne ahentstvo z enerhoefektyvnosti ta enerhozberezhennya Ukrainy (Derzhenerhoefektyvnosti)*. URL: <https://sae.gov.ua/uk/news/4085> (Last accessed: 20.04.2023).
23. Vitroenerhetychnyy sektor Ukrainy: ohlyad rynku. (2022). HS "Ukrayins'ka vitroenerhetychna asotsiaatsiya". Lyuty, 102 p.
24. Zborivs'ka VES. URL: [https://www.energo.ua/ua/assets/zborivska\\_wind\\_farm](https://www.energo.ua/ua/assets/zborivska_wind_farm) (Last accessed: 20.04.2023).
25. Pro vnesennya zmin do deyakykh zakoniv Ukrainy shchodo zabezpechennya konkurentnykh umov vyrobnytstva elektrychnoyi enerhiyi z al'ternatyvnykh dzherel enerhiyi: Zakon Ukrainy vid 25.04.2019 № 2712—VIII.
26. Moskovitz, D. (2000). Profits and progress through distributed resources. *The Regulatory Assistance Project, Tech. Rep.*
27. Adefarati, T., & Bansal, R. (2017). Reliability assessment of distribution system with the integration of renewable distributed generation. *Appl. Energy*, 185, 158–171.
28. Natsionalna ekonomichna stratehiia Ukrainy na period do 2030 roku: Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 03.03.2021 № 179. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-%D0%BF#n25> [in Ukrainian] (Last accessed: 15.02.2023).

*Надійшла до редколегії:* 16.05.2023